

## OPTICAL COMMUNICATION SYSTEM

Publication number: JP2000151517

Publication date: 2000-05-30

Inventor: TOMIOKA TAZUKO; OSHIMA SHIGERU

Applicant: TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO

Classification:

- International: H04B10/04; H01S5/00; H01S5/062; H04B10/02;  
H04B10/06; H04B10/142; H04B10/152; H04B10/20;  
H04L12/40; H04B10/04; H01S5/00; H04B10/02;  
H04B10/06; H04B10/142; H04B10/152; H04B10/20;  
H04L12/40; (IPC1-7): H04L12/40; H04B10/152;  
H01S5/062; H04B10/02; H04B10/04; H04B10/06;  
H04B10/142; H04B10/20

- European:

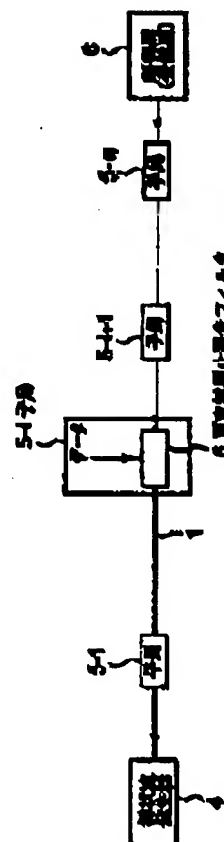
Application number: JP19980316157 19981106

Priority number(s): JP19980316157 19981106

Report a data error here

### Abstract of JP2000151517

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To make an internal semiconductor laser of a slave station operate stably in the case that the slave station is installed outdoor and to simplify wavelength control at wavelength multiplex in the communication system where optical signals from a plurality of distributed slave stations are confluent and the resulting signal is sent to a control station. **SOLUTION:** A comb-line wave generator 4 is used for a light source in a bus type optical fiber network and placed at an end of the bus fiber 1. Since the light source is managed at one location and care about production of a beat noise is not required because a comb-line wave is in use. Furthermore, since no light source such as a semiconductor laser element is in use in slave stations 5-1-5-n, instability of the semiconductor laser element is not concerned. Furthermore, a variable optical filter 6 of band block type is used for a modulator for the slave stations. Thus, it is not required to provide a complicated configuration such as Add/Drop using a wavelength multiplexer/demultiplexer and the system can be simplified.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-151517

(P2000-151517A)

(43) 公開日 平成12年5月30日 (2000.5.30)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	P I	ページコード (参考)
H 0 4 B 10/152		H 0 4 B 9/00	L 5 F 0 7 3
10/142		H 0 1 S 3/18	6 3 1 5 K 0 0 2
10/04		H 0 4 B 9/00	T 5 K 0 3 2
10/06			N
H 0 1 S 5/062		H 0 4 L 11/00	8 2 0
審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 17 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願平10-316157

(22) 出願日 平成10年11月6日 (1998.11.6)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 富岡 多寿子

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 大島 茂

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(74) 代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

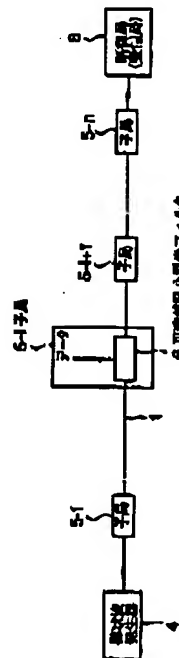
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光通信システム

(57) 【要約】

【課題】複数の分散した子局からの光信号を合流して制御局に送る通信システムでの波長多重時の波長制御の簡素化と、屋外に子局がある場合の内部の半導体レーザの安定性の問題の解消を図ること。

【解決手段】バス型の光ファイバネットワークで、光源として櫛状波発生器4を用い、これをバスファイバ1の端部に配置する。光源が一カ所で管理でき、櫛状波を用いるため、ビート雑音が発生する心配がない。また、子局5に半導体レーザ素子などの光源がないため、半導体レーザ素子の動作不安定の問題がない。また、子局に使用する変調器を帯域阻止型の可変光フィルタ6とする。これにより、波長合分波器を用いたAdd/Drop等の複雑な構成が必要なく、システムの簡素化が図れる。



(2) 000-151517 (P2000-151517A)

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】複数の子局を光ファイバにバス状に接続すると共に、前記光ファイバに前記複数の子局から送信されるデータ信号が光多重され、前記光ファイバの一端部に接続された受信装置に伝送されるようにした光通信システムにおいて、

前記光ファイバの他端部に接続され、複数のスペクトル線が櫛状に配列する櫛状波光線が発生して当該光ファイバに送出する櫛状波発生と、

各子局に設けられ、前記光ファイバにて伝送されてきた櫛状波光の少なくとも1本のスペクトル線に、阻止域をデータ信号で変調することによりデータ変調を施して光ファイバの下流側に送出する可変帯域阻止型光フィルタと、を備えることを特徴とする光通信システム。

【請求項2】前記可変帯域阻止型光フィルタは、阻止帯域の光を反射して、入力側に戻す構造を備えると共に、当該可変帯域阻止型光フィルタの反射光を導く手段と、この導かれた反射光をモニタして前記可変帯域阻止型光フィルタの阻止帯域波長の安定化制御を実施するモニタ手段とを備えることを特徴とする請求項1記載の光通信システム。

【請求項3】前記可変帯域阻止型光フィルタは、光を入力する入力ポートと、光を出力する第1及び第2の出力ポートとを備えるものであって、入力ポートから入力された光のうち、透過帯域の光を第1の出力ポートに出力し、阻止帯域の光を第2の出力ポートに出力する形態の光フィルタであり、且つ、前記子局には前記第2の出力ポートの出力光をモニタして前記可変帯域阻止型光フィルタの阻止帯域波長の安定化を制御を行うモニタ手段を備えることを特徴とする請求項1記載の光通信システム。

【請求項4】温度安定化されたファブリ・ペロー型半導体レーザー素子を直流電流で駆動し、前記レーザーの出力光を光アイソレータを通過させて得られた光を櫛状波光源として使用し、前記櫛状波光線の複数のスペクトル線のうち、少なくとも1つに、1つ以上の系列のデータ変調をかけることを特徴とする光通信システム。

【請求項5】櫛状波光源は、温度安定化されたファブリ・ペロー型半導体レーザー素子を直流電流で駆動する構成とする共に、前記レーザー素子の出力光を光アイソレータを通過させて得られた光を櫛状波光源とすることを特徴とする請求項1乃至3いずれか1項記載の光通信システム。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信システムに関わり、特にバス型に子局が接続された波長多重光通信システムに関する。

【0002】

【従来の技術】局間を光ファイバで結ぶ形態として、P

ON (Passive Optical Network) の利用がある。PONは、制御局と複数の子局間を、中間にバッシブな光分岐結合器を設けた光ファイバで結ぶと共に、制御局や子局から光ファイバに送信した光信号をこの光ファイバの中間の前記光分岐結合器により分岐させて分配させ、あるいは結合させ、多重する形態である。

【0003】光加入者系に導入されているPONのようなシステム形態では、分散した場所にある子局から制御局に光信号を送るが、途中に一箇所以上の合流点があって、複数の子局からの光信号が合流して制御局に届く。従って、合流した複数の子局の信号を制御局が分離できるように、様々な工夫がなされることになる。

【0004】その一つに子局間で、異なる波長の光源を用いる波長多重方式がある。しかし、子局が分散している系で、各子局の送信光の波長関係をビート雑音が出ないように安定化するためには複雑な機構、手順が必要である。

【0005】一方、PONのようなシステム形態は、光加入者システムや、光信号による無線基地局の収容など、その光送受信器が屋外に設置される用途に用いられることが多い。そのため、環境下での影響を受け易いデリケートな構成部品は、送受信器内に配置するのをしてできるだけ避けたいところである。

【0006】特に、送信用光源である半導体レーザー素子は、広い温度範囲での安定な動作が難しいため、環境変化の大きい屋外に設置されるような送受信器内に設置するには不向きである。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上述したPONのように、複数の分散した子局からの光信号が合流して制御局に届くような形態の分散系通信システムでは、波長多重時の波長制御が複雑であった。また、PONのようなシステム形態は、光加入者システムや、光信号による無線基地局の収容など、その光送受信器が屋外に設置される用途に用いられることが多いため、温度変化の影響を受け易いデリケートな構成部品は、屋外の送受信器内に配置して使用するのを避けたい。特に、送信用光源である半導体レーザー素子は、温度変化の影響を受け易く、安定な動作が難しいため、屋外に設置されるような送受信器内に設置するには適さない。

【0008】このように、環境変化の大きい屋外に子局が設置されるような場合には、子局内部に半導体レーザー素子を設けるにはその動作安定性の点で問題があった。

【0009】そこでこの発明の目的とするところは、波長多重時の波長制御が容易であり、しかも、子局に光源を置かないで済むようにした分散系の光通信システムを提供するものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明は次のように構成する。

(3) 000-151517 (P2000-151517A)

【0011】[1]本願第1の発明では、複数の子局を光ファイバにバス状に接続すると共に、前記光ファイバに前記複数の子局から送信されるデータ信号が光多重され、前記光ファイバの一端部に接続された受信装置に伝送されるようにした光通信システムにおいて、前記光ファイバの他端部に接続され、複数のスペクトル線が歯状に配列する櫛状波発生器を発生して当該光ファイバに送出する櫛状波発生と、各子局に設けられ、前記光ファイバにて伝送されてきた櫛状波の少なくとも1本のスペクトル線に、阻止域をデータ信号で変調することによりデータ変調を施して光ファイバの下流側に送出する可変帯域阻止型光フィルタとを備えることを特徴とする光通信システムを提供する。

【0012】ここで櫛状波とは、図19のように、櫛の歯状に多数のスペクトル線が立っているような光スペクトルを有する光である。本発明では、一つ一つのスペクトル線を切り出したとき、光パワーの安定した直流光となる櫛状波を使用する。

【0013】本発明では図1のように1本の光ファイバ1にバス状に子局5が接続されている形態を想定している。バス型のシステムでは、子局からの信号は光ファイバ1にて、制御局8に送られ、制御局8の受信器で受信される。

【0014】本発明では、図1のように光ファイバ1の端部に櫛状波発生器4を接続する。櫛状波発生器4で発生した櫛状波は光ファイバ1に送り出される。各々の子局5・iでは図のように、光ファイバ1に可変帯域阻止型光フィルタ6が挿入されている。可変帯域阻止型光フィルタ6の波長透過特性は図3の如きであって、ある特定の波長だけ阻止し、その他の波長は透過し、阻止される波長が可変である。可変帯域阻止型光フィルタ6は櫛状波発生器4から送られてきた櫛状波の櫛を構成する光スペクトル線のうちの1本、例えば、図2のスペクトル線7に、自局が制御局8に送信するデータで変調をかける。

【0015】スペクトル線7に対して、自局の送信データによって変調をいかにしてかけるかを、図4を用いて説明する。可変帯域阻止型光フィルタ6では、櫛状波のうち、変調をかけるスペクトル線7に、阻止域がかかるようにする。図4の12・1のように、阻止域の中央がスペクトル線7と一致していると、スペクトル線7は透過せず、可変帯域阻止型光フィルタ6で阻止される。

【0016】また、12・3のように、阻止域がスペクトル線7からほぼ外れているときは、スペクトル線7はほぼ透過する。子局5・iが送信する信号が2値のベースバンドデジタル信号ならば、12・1と12・3の二つの状態がそれぞれデータの“0”と“1”に対応するように可変帯域阻止型光フィルタ6の阻止波長に変調をかける。このようにして、スペクトル線7に対して、子局5・iは自局の送信データによって変調をかけること

ができる。

【0017】また、子局5・iが送信する信号がアナログ状の任意波形信号であるならば、図4の12・2のように、可変帯域阻止型光フィルタ6の阻止帯域のスロープの中央近辺をバイアス点として、スロープの比較的直線に近い領域がスペクトル線7と重なる範囲で阻止帯域の波長を変調する。

【0018】可変帯域阻止型光フィルタ6は、狭帯域な阻止帯域以外の光は透過させる。そのため、櫛状波発生器4から送られてきた櫛状波のうち、スペクトル線7以外のスペクトル線11は可変帯域阻止型光フィルタ6によるデータ変調の影響を受けず、可変帯域阻止型光フィルタ6を素通りする。従って、スペクトル線7以外のスペクトル線11が別の子局によって変調されていても、無変調のままでも、状態は変化しない。

【0019】同様にして、異なる子局が、櫛状波の異なるスペクトル線に変調をかける。初めから波長間隔が整っている櫛状波に対して変調をかけるため、波長が重なり合うことによるビート雑音の問題がない。また、通常の波長多重で必要な波長間隔制御が不要となる。

【0020】さらに、各子局には、温度変化に敏感な半導体レーザ素子が置かれられないため屋外など環境変化の厳しい場所への設置に対応できる。変調器として用いる可変帯域阻止型光フィルタ6は、変調するスペクトル線を選択する機能を有しているため、櫛状波発生器を使用する系でしばしば必要とされる波長合分波器を使用したAdd/Drop多重装置が不要となり、構成が簡素化できる。

【2】さらに、本願第2の発明では、前記可変帯域阻止型光フィルタは、阻止帯域の光を反射して、入力ポートに戻す構造を有しており、前記可変帯域阻止型光フィルタの反射光を、光サーキュレータで取り出し、モニタすることによって、前記可変帯域阻止型光フィルタの阻止帯域波長の安定化を行うことを特徴とする光通信システムを提供する。

【0021】本発明では、櫛状波発生器から送信されてくる櫛状波の光スペクトル線の1つを適切に変調するように、可変帯域阻止型光フィルタの阻止帯域の波長を制御する必要がある。単純には、可変帯域阻止型光フィルタの透過光を分岐し、変調を受けた光スペクトル線を分離し、モニタすればよいが、分岐に伴う損失が生じる。また、透過光は櫛状波のすべてのスペクトル成分を持っているため、特定のスペクトル線を分離するための新たなコンポーネントが必要であり、構成がやや複雑となる。

【0022】そこで、本発明では、可変帯域阻止型光フィルタとして、阻止帯域の光を反射し、入力ポートに戻す型のものを使用する。可変帯域阻止型光フィルタの入力ポート側に挿入した光サーキュレータによって、可変帯域阻止型光フィルタで反射してきた光を分離する。

(4) 000-151517 (P2000-151517A)

【0023】光サーキュレータは、一般に図15のように3つ（場合によっては3つ以上）の入出力ポートを有する。あるポート、例えばポート14-1から入力された光は、隣のポート14-2へ出力される。ポート14-2から入力された光は同方向に隣のポート14-3に出力され、ポート14-3から入力された光はポート14-1に出力される。このように、入力した光が隣のポートに出力する。光サーキュレータは、（コンポーネントの不完全性による過剰損失はあるが、）反対方向に進行する光を分離するに際し、分岐損失が発生しない。すなわち、順方向に進む光にはほぼ影響を与えず、逆方向に進む光をほぼ全部分離することができる。

【0024】可変帯域阻止型光フィルタの反射光を光サーキュレータで分離することにより、可変帯域阻止型光フィルタの阻止帯域で阻止された光が得られる。本願第1の発明のように、可変帯域阻止型光フィルタの阻止帯域の波長をデータ信号で変調して、櫛状波の特定の光スペクトル線にデータ変調を施す場合は、反射光には阻止された光、すなわちデータの極性が、可変帯域阻止型光フィルタで変調された光とは逆になっている光が出力される。可変帯域阻止型光フィルタでは、変調を施すスペクトル線以外は透過するので、反射光に含まれるのはその可変帯域阻止型光フィルタで変調を受けたスペクトル線のみである。

【0025】従って、サーキュレータで取り出された反射光の波長、パワーや変調のかかり方（データ振幅の大きさや変調波形、データの極性）などをモニタすることによって、可変帯域阻止型光フィルタの阻止帯域が適切な波長にあるかどうかを判断できる。反射光が適切な状態になるように制御することにより、可変帯域阻止型光フィルタの阻止帯域波長の平均値を適切な波長に固定しておくことができる。

【0026】このような形態にすることにより、可変帯域阻止型光フィルタの阻止帯域波長安定化のために、波長をモニタするための分岐損がなく、変調をかけているスペクトル線のみを容易に取り出してモニタできる。従って、櫛状波発生器4から送信されてくる櫛状波の光スペクトル線の1つを適切に変調できる光通信システムが提供できる。

【3】さらに、本願第3の発明では、[1]項に記載した構成の光通信システムにおいて、前記可変帯域阻止型光フィルタは、入力ポートから入力した光のうち、透過帯域の光を第1の出力ポートに出力し、阻止帯域の光を第2の出力ポートに出力する形態の光フィルタであり、前記第2の出力ポートの出力光をモニターすることによって、前記可変帯域阻止型光フィルタの阻止帯域波長の安定化を行うことを特徴とする光通信システムを提供する。

【0027】可変帯域阻止型光フィルタには、図17のように、阻止帯域の光を入力ポート16、出力ポート1

7とは異なるポート18に出力する形態のものがある。このような形態の可変帯域阻止型光フィルタを用いれば、可変帯域阻止型光フィルタの阻止帯域波長安定化のために、波長をモニタするための分岐損がなく、変調をかけているスペクトル線を容易に取り出してモニタできる。また、阻止された光を分離するための特別なコンポーネントが必要なく、コンポーネントの数を減らすことができる。

【0028】[4]本願第4の発明では、温度安定化されたファブリ・ペロー型半導体レーザ素子を直流電流で駆動し、このレーザ素子の出力光を光アイソレータを通過させて得られた光を櫛状波光源として使用し、前記櫛状波の複数のスペクトル線のうちの1つ以上に、1つ以上の系列のデータ変調をかけることを特徴とする光通信システムを提供する。

【0029】櫛状波光源として、従来、レーザアレイなど様々な構成があったが、光スペクトル線をほぼ等間隔に並べ、また、それらの光スペクトル線の状態を安定に保つためには複雑な構成が必要であった。

【0030】ファブリ・ペロー型半導体レーザ（FP-LD）は縦モードが多モード発振しており、直流電流で駆動した場合に、FP-LDから発振される光について計測器でその光スペクトルを観測すると、櫛状波状のスペクトルが観測される。しかし、各々のスペクトル線（モード）に注目するとその光パワーは非常に速い速度で変動しているため、そのままでは櫛状波光源として使用することができない。

【0031】そこで、本発明では、FP-LDの出力光を光アイソレータを通過させるようにし、各モードの状態を不安定にしている要因である反射戻り光を、この光アイソレータで防ぐようにする。さらに、発振波長の安定化のためFP-LDを温度安定化する。このようにしたFP-LDは各モードの光パワー、波長が安定しており、櫛状波光源として使用することが可能となる。

【0032】FP-LDは半導体レーザの中では最も低コストなレーザ素子である。本発明では、この低コストなFP-LDを1つだけ使用し、周辺部品が光アイソレータ、温度制御装置等、比較的よく普及している部品からなる櫛状波発生器を光源として用いるため、櫛状波発生器を用いた光通信システムが低コストで簡易に構成できる。

【0033】[5]さらに、本願第5の発明では、温度安定化されたファブリ・ペロー型半導体レーザを直流電流で駆動し、前記レーザ素子の出力光を光アイソレータを通過させて得られた光を櫛状波光源として使用したことを特徴とする本願第1乃至第3の発明の光通信システムを提供する。

【0034】また、本発明は、[1]項から[3]項に記載した本願第1から第3の発明の光通信システムに、[4]項で示した本願第4の発明で使用した櫛状波発生

(5) 000-151517 (P2000-151517A)

器を用いる。

【0035】これによって、Add/Drop等の複雑な部品が不要な波長多重光通信システムをより、低コストに簡易に構成することが可能となる。

【0036】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態について、図面を参照して説明する。

【0037】(第1の実施形態)本発明の基本は、複数の子局を1本の光ファイバにバス状に接続し、前記光ファイバに前記複数の子局から送信されるデータ信号を多重し、前記光ファイバの片端に接続される受信装置にて光受信する光通信システムにおいて、光信号の元となる光源を、櫛の歯状に多数の光スペクトル線が連なるが如きの光スペクトル特性を有する光を発生する櫛状波発生器を用い、これを光伝送路である前記光ファイバの一端側に設けて、当該一端側から他端の受信装置に向けて光ファイバ中に伝送すると共に、各子局ではこの櫛の歯状のスペクトル線うちのそれぞれ異なる一つを用いてデータ変調を加え、受信装置へと送り出す構成とするもので、これにより屋外に設置されることになる各子局に、光伝送の元となる光源を持たせないで済むようにするものである。

【0038】また、本システムでは、各子局では、前記光ファイバに可変帯域阻止型光フィルタを挿入し、前記櫛状波発生器で発生されて前記光ファイバを伝送されてきた櫛状波内の1本以上のスペクトル線に、前記可変帯域阻止型光フィルタの阻止域をデータ信号で変調することによって、データ変調を施すことにより、波長多重時の制御を簡易化する。

【0039】図1はこのような本願第1の発明の実施形態を示すブロック構成図である。図において、1は光伝送路としての1本の光ファイバであり、4は櫛状波発生器、5-1, 5-2, ..., 5-i+1, 5-i, ..., 5-nは子局であって、光ファイバ1にバス状に接続されている。6は可変帯域阻止型光フィルタ、8はデータ信号を送るべき対象としての受信装置のある制御局(親局)である。

【0040】櫛状波発生器4は光源としてレーザ素子を用いているが、1本の光ファイバ1の一端部側に設置すればよいので、安定した環境が維持できるような施設を設けてここに設けることができる。この櫛状波発生器4は、図2、図19に示す如き多数の光スペクトル線が櫛の歯状のように多数配列される形態の光スペクトル特性を有する光(櫛状波光)11を発生するものであり、このような櫛状波光11は前記光ファイバ1にその他端部に向けて送り出される構成としてある。

【0041】可変帯域阻止型光フィルタ6は、ある特定の波長だけ阻止するフィルタ特性を有するものであって、阻止波長は可変である。この可変帯域阻止型光フィルタ6の波長透過特性は例えば、図3の如きであって、

ある特定の波長だけ阻止し、その他の波長は透過させるが、阻止される波長が可変である。また、この可変帯域阻止型光フィルタ6は櫛状波発生器4から送られてきた櫛状波光11における櫛歯を構成する光スペクトル線のうちの1本、例えば、図2のスペクトル線7に、自局が制御局8に送信するデータで変調をかけることができるようになっている。

【0042】この可変帯域阻止型光フィルタ6は、各子局5-1, 5-2, ..., 5-i+1, 5-i, ..., 5-nそれぞれに設けられており、各子局5-1, 5-2, ..., 5-i+1, 5-i, ..., 5-nでは自局の可変帯域阻止型光フィルタ6を用いて、櫛状波の光スペクトル線のうちの1本(他局で使用していない光スペクトル線1本)を用いて、自局が制御局8に送信するデータで変調をかけ、光ファイバ1の光信号に多重して送り出すようにすると云った機能を有する。

【0043】このような構成の本システムにおいては、上述したように、1本の光ファイバ1に複数の子局5-1, 5-2, ..., 5-i+1, 5-i, ..., 5-nがバス状に接続されている。そして、光ファイバ1の一方の端部には受信装置を有する制御局(親局)8が接続されており、各子局5-1, 5-2, ..., 5-i+1, 5-i, ..., 5-nから送信された送信信号(光信号)を受信する。

【0044】また、光ファイバ1の他方の端部には、櫛状波光、すなわち、櫛の歯状に連なる複数のスペクトル線を発生するスペクトル線発生光源としての櫛状波発生器4が接続されており、この櫛状波発生器4から櫛状波光線11が光ファイバ1に出力される。

【0045】各々の子局5-1, 5-2, ..., 5-i+1, 5-i, ..., 5-n、例えば、子局5-iにおいては、可変帯域阻止型光フィルタ6が光ファイバ1に挿入されている。子局5-iは可変帯域阻止型光フィルタ6の阻止帯域波長を、送られてきた櫛状波光線のうちの1つのスペクトル線に合わせる。

【0046】そして、可変帯域阻止型光フィルタ6の阻止帯域10の特性曲線スロープの上り/下りのうちの一方が、スペクトル線上を行き来するように、変調データの振幅、バイアスを調整して、阻止帯域波長を送信すべきデータ信号で変調する。例えば、子局5-1であれば、当該子局5-1における可変帯域阻止型光フィルタ6の阻止帯域10の特性曲線スロープの上り/下りのうちの一方が、スペクトル線7上を行き来するように、変調データの振幅、バイアスを調整して、阻止帯域波長を送信すべきデータ信号で変調する。

【0047】<スペクトル線の送信データ変調法>スペクトル線に対して、自局の送信データによって変調をいかにしてかけるかを、図4を用いて説明する。可変帯域阻止型光フィルタ6では、櫛状波光11のうち、変調をかけるスペクトル線例えば、これがスペクトル線7であ



(6) 000-151517 (P2000-151517A)

るとすると、当該スペクトル線7に、図3の阻止領域10がかかるようにする。例えば、図4の12・1のように、阻止領域の中央がスペクトル線7と一致していると、スペクトル線7は可変帯域阻止型光フィルタ6を透過せず、阻止される。

【0048】また、図4の12・3の特性曲線のように、阻止領域がスペクトル線7からほぼ外れているときは、スペクトル線7は可変帯域阻止型光フィルタ6をほぼ透過する。子局5・1が送信する信号が2値のベースバンドデジタル信号ならば、図4の特性曲線12・1と12・3の二つの状態がそれぞれデータの“0”と“1”に対応するように可変帯域阻止型光フィルタ6の阻止波長に変調をかける。可変帯域阻止型光フィルタ6により、このようにして、スペクトル線7に対し、子局5・1は自局の送信データによって変調をかけることができる。

【0049】同様のことは、他の各子局5・1、5・2、…においてもそれぞれ行われる。各子局5・1、5・2、…、5・n毎に楕円波長11の異なる別の1本のスペクトル線を用い、そのスペクトル線に対して自局内蔵の可変帯域阻止型光フィルタ6により変調をかける。

【0050】光ファイバ1を伝送されてくる楕円波長11のうちの、自局で用いるスペクトル線の選定法は後述するが、この自局用のスペクトル線に対して、自局内蔵の可変帯域阻止型光フィルタ6により変調をかける方式としたことで、各子局5・1、5・2、…、5・nでは光源を内蔵しないで済むようになる。

【0051】各子局5・1、5・2、…、5・nにおいて変調された光は、光ファイバ1を受信装置を有する制御局8に向かって伝搬する。

【0052】本システムでは、各子局に可変帯域阻止型光フィルタ6を設けて楕円波長線のうちの所望のスペクトル線の抽出とそのスペクトル線に対してのデータ変調に用いており、上述したように、可変帯域阻止型光フィルタ6の波長透過特性は図3の如きである。従って、可変帯域阻止型光フィルタ6は、ある特定の波長だけ阻止し、その他の波長は透過し、阻止される波長が可変である。

【0053】そのため、ある子局で変調を受けたスペクトル線は、他の子局における可変帯域阻止型光フィルタ6を素通りするため、すべての子局5・1、5・2、…、5・nそれぞれで変調されたそれぞれの信号が、光ファイバ1を介して制御局8に到達して入力され、受信されることになる。そのため、波長多重における波長制御が簡単となる。

【0054】このように、各子局共通に使用する光源として楕円波発生器4を用意し、これを光ファイバ1の一端に接続すると共に、各子局にはそれぞれ可変帯域阻止型光フィルタ6を設けて楕円波の所望のスペクトル線の抽出とそのスペクトル線に対してのデータ変調に用いる

ようにしたことによって、各子局間での送信波長間隔の安定化が不要になり、また、環境変動の大きい屋外に設置することになる各子局には、環境変化に伴う特性変化の影響の大きい光源である半導体レーザー素子を内蔵せずに済む構成が構築できることになり、また、波長多重における波長制御が簡単となる光通信システムが提供できる。

【0055】なお、各子局から送信するデータは、ベースバンド信号、サブキャリア信号等、様々な形態が可能である。例えば、ベースバンドデジタル信号やベースバンドアナログ信号を送信するのであれば、制御局8にある受信装置では、送信されてきた光を波長毎に分離して、それぞれの波長を別々の光電変換器で受信する。

【0056】サブキャリアに乗ったデジタル信号やアナログ信号を送信する場合も、ベースバンド信号の場合と同様に、波長を分離して別々の光電変換器で受信しても良い。

【0057】しかし、各子局が送信するときのサブキャリア信号の周波数を、子局毎に変えて、信号周波数が重ならないようにすることにより、受信装置（制御局8）側で波長を分離せずに丸ごと光電変換し、電気段で分離することができるようになる。

【0058】従来、波長多重で、波長を分離せず丸ごと受信するシステムは、波長が近寄り過ぎてビート雑音が発生しないように、各光源の波長制御が必要不可欠であった。また、各子局が光源を持ち、かつ、子局が分散しているシステムでは波長間隔制御のために複雑な機構が必要となる。

【0059】しかし、本発明では、楕円波発生器4によって集中的に波長管理を行っているため、ビート雑音の心配がない。

【0060】＜楕円波発生器4の構成例＞楕円波発生器4には種々の構成が考えられる。例えば、LEDや光ファイバアンプの自然放光などの広帯域に一樣な光源の出力を、ファブリ・ペロー共振器などの周期透過性光フィルタを透過させる。あるいは、単一縦モード光源に、数10 [GHz] から100 [GHz] といった非常に高い周波数の繰り返し信号で外部変調をかけたものでも良い。

【0061】あるいは、10 [GHz] ~ 20 [GHz] 程度の比較的変調しやすい周波数の繰り返し信号で外部変調をかけ、外部変調器出力を100 [GHz] 程度の透過周期を持つ周期透過性光フィルタに通すようにしても良い。

【0062】あるいは、楕円の歯の数だけの単一縦モード光源を用意し、それらの出力光を波長が楕円の歯状に揃うように並べてもよい。

【0063】この時、各々の光源を独立の光モジュールとし、それらの光ファイバ出力を結合するか、図5の構成のように、レーザーアレイをフォトニックIC（光集積

(7) 000-151517 (P2000-151517A)

回路) 状に構成したものを使用するようにしても良い。  
【0064】図5の構成においては、基板47上に複数のレーザダイオード(LD) 43-1, 43-2, ..., 43-i, ..., 43-(n-1), 43-nを並設してなるレーザアレイを形成し、それぞれのLD 43-1, 43-2, ..., 43-i, ..., 43-(n-1), 43-nからこれらに対応して設けられた光導波路44-1, 44-2, ..., 44-i, ..., 44-(n-1), 44-nに光が出力されるようにする。それぞれのLD 43-1, 43-2, ..., 43-i, ..., 43-(n-1), 43-nから光導波路44-1, 44-2, ..., 44-i, ..., 44-(n-1), 44-nを伝搬してきた光は、光導波路合流部45で一つの光導波路46に合流する。光導波路46から出射した光は、レンズ、アイソレータなど適切な光学系を適宜介して光ファイバ1に出力される。

【0065】なお、レーザアレイのLD 43-1, 43-2, ..., 43-i, ..., 43-(n-1), 43-nはそれぞれ波長が異なり、スペクトル線が櫛状波状に並ぶように、あらかじめパラメータが設計されている。

【0066】<FP-LDを用いた櫛状波発生器の構成例>櫛状波光源として、従来、レーザアレイなど様々な構成があったが、光スペクトル線をほぼ等間隔に並べ、また、それらの光スペクトル線の状態を安定に保つためには複雑な構成が必要であった。

【0067】ファブリ・ペロー型半導体レーザ(FP-LD)は縦モードが多モード共振しており、従って、FP-LDを直流電流駆動してそのときの当該FP-LDの発振光の光スペクトルを計測器で観測すると、櫛状波状のスペクトルが観測される。すなわち、FP-LDは直流電流駆動すると櫛状波状のスペクトルを持つ光を発振するわけであり、櫛状波光源としての利用の可能性を秘めている。

【0068】しかし、各々のスペクトル線(モード)に注目するとその光パワーは非常に速い速度で変動しているため、そのままでは櫛状波光源として使用することができない。

【0069】そこで、本発明では、櫛状波状のスペクトルを得るために、FP-LDを直流電流で駆動すると共に、速い速度で変動する光パワーを安定化するために、このFP-LDの出力光を光アイソレータを通過させ、各モードの状態を不安定にしている要因である反射戻り光を防ぐようにする。さらに、発振波長の安定化のため、温度制御を実施してFP-LDの温度安定化を図るようにする。

【0070】このように処理し、あるいは制御したFP-LDは、各モードの光パワー、波長が安定しており、櫛状波光源として使用することが可能となる。

【0071】図7にFP-LDを用い、このように処理、制御するようにした櫛状波発生器4の要部構成例を示す。図において、49は温度制御装置、53は光ファ

イバ、54は光モジュール、55はペルチェ素子、56はFP-LDチップ、58-1, 58-2はレンズ、59はサーミスタであり、光モジュール54内に、温度制御のための温度変化を与えるペルチェ素子55を置き、このペルチェ素子55上にFP-LDのチップ56を固定する。

【0072】また、ペルチェ素子55上に光アイソレータ57を固定する。コリメート用のレンズ58-1によってコリメート(平行光線化)されたFP-LDチップ出力光は光アイソレータ57を通り、レンズ58-2によって再び集光され光ファイバ53に出力される。

【0073】FP-LDチップ56の近傍には、温度センサであるサーミスタ59が配置され、このサーミスタ59から得られた温度信号は温度制御装置49に入力される。そして、このサーミスタ59から得られた温度信号を用いて温度制御装置49は温度が所望の値となるように、ペルチェ素子55を駆動制御する。

【0074】このように温度制御装置49により温度が所望の値となるようにペルチェ素子55を駆動制御することによって、ペルチェ素子55は温度が一定に保たれるようになり、従ってペルチェ素子55上のFP-LDのチップ56は温度が安定に保たれるので、安定性の良い櫛状波光が安価に得られるようになる。

【0075】FP-LDは半導体レーザ素子の中では最も低コストなレーザ素子である。本発明では、この低コストなFP-LDを1つだけ使用し、かつ、FP-LDの安定度を確保するための周辺部品が光アイソレータ、温度制御装置等、比較的よく普及している部品を利用して構成することにより、光源としての櫛状波発生器を安価に構成でき、従って、櫛状波発生器を用いた光通信システムが低コストで簡易に構成できる。

【0076】このようなFP-LDを用いた高安定な櫛状波発生器4を本発明に適用することによって、より低コストで、信頼性の高い光通信システムが構築できる。また、このような櫛状波発生器4は本願第1から第3の発明に適用できるのみでなく、Add/Dropを使用した従来のシステムにも適用可能であって、汎用性が高く、いずれのシステムに適用しても低コストなシステム構築が可能となる。

【0077】<可変帯域阻止型光フィルタの構成例>可変帯域阻止型光フィルタ6も種々の構成がある。例えば、図8に示すように、ブラッグ・グレーティング63を使ったものがある。半導体や無機結晶上に光導波路60を作成し、光導波路60内にブラッググレーティング63を作り込む。ブラッグ・グレーティング63のブラッグ波長が、阻止帯域の波長に当たる。そして、ブラッググレーティング63に電極61をつける。

【0078】このようにすると、端子62からデータ信号に対応した電界を電極61にかけるようにしたり、材料によっては電極61に電流を流すなどの方法でブラッ



(8) 000-151517 (P2000-151517A)

グ波長を変調する構造にできる。

【0079】また、阻止帯域の波長チューニング時など、データ変調時よりも大幅に阻止帯域波長を変えるときには、光導波路60を作り込んでいる基板全体の温度を変えるなどの方法をとる。光導波路型のブラッグ・グレーティングは、阻止帯域の波長の光を反射し、入力ポートに返す。

(第2の実施形態) 次に、第2の実施形態について説明する。この実施形態では、可変帯域阻止型光フィルタ6の阻止帯域波長の安定化を図ることができるようにする例を説明する。ここで使用する可変帯域阻止型光フィルタ6は、阻止帯域の光を反射して、入力ポートに戻す構造を有しており、また、可変帯域阻止型光フィルタ6の反射光を、光サーキュレータで取り出してモニタすることによって、可変帯域阻止型光フィルタ6の阻止帯域波長の安定化を図ることを特徴としている。

【0080】本システムでは、櫛状波発生器4から送信されてくる櫛状波光線における光スペクトル線の1つを適切に変調するように、可変帯域阻止型光フィルタ6の阻止帯域の波長を制御する必要がある。

【0081】単純には、可変帯域阻止型光フィルタ6の透過光を分岐し、変調を受けた光スペクトル線を分離し、モニタすればよいわけであるが、それでは分岐に伴う損失が生じる。また、透過光は櫛状波のすべてのスペクトル成分を持っているため、特定のスペクトル線を分離するための新たなコンポーネントが必要であり、構成が複雑となる。

【0082】そこで、本発明では、可変帯域阻止型光フィルタ6として、阻止帯域の光を反射し、入力ポート側に戻す形式のものを使用する。可変帯域阻止型光フィルタ6の入力ポート側に挿入した光サーキュレータによって、可変帯域阻止型光フィルタで反射してきた光を分離する。

【0083】光サーキュレータ13は、一般に図15に示す如く、3つ(場合によっては3つ以上)の入出力ポート14・1、14・2、14・3を有する。あるポート、例えばポート14・1から入力された光は、隣のポート14・2へ出力される。ポート14・2から入力された光は同方向に隣のポート14・3に出力され、ポート14・3から入力された光はポート14・1に出力される。このように、入力した光が隣のポートに出力する。光サーキュレータ13は、(コンポーネントの不完全性による過剰損失はあるが、)反対方向に進行する光を分離するに際し、分岐損失が発生しない。

【0084】すなわち、順方向に進む光にはほぼ影響を与えず、逆方向に進む光をほぼ全部分離することができる。

【0085】従って、可変帯域阻止型光フィルタ6の反射光を光サーキュレータ13で分離することにより、可変帯域阻止型光フィルタ6の阻止帯域で阻止された光が

得られるようになる。第1の実施形態のように、可変帯域阻止型光フィルタ6の阻止帯域の波長をデータ信号で変調して、櫛状波光線のうちの所望の光スペクトル線にデータ変調を施す場合は、反射光には阻止された光、すなわちデータの極性が、可変帯域阻止型光フィルタ6で変調された光とは逆になっている光が出力される。可変帯域阻止型光フィルタ6では、変調を施すスペクトル線以外は透過するので、反射光に含まれるのはその可変帯域阻止型光フィルタ6で変調を受けたスペクトル線のみである。

【0086】従って、光サーキュレータ13で取り出された反射光の波長、パワーや変調のかかり方(データ振幅の大きさや変調波形、データの極性)などをモニタすることによって、可変帯域阻止型光フィルタの阻止帯域が適切な波長にあるかどうか判断できる。

【0087】第2の実施形態で示す本願第2の発明では、可変帯域阻止型光フィルタ6として、阻止帯域の光を反射するような特性を有するものを用いる。このような特性を有する可変帯域阻止型光フィルタ6としては、ブラッグ・グレーティングを用いる光フィルタがある。

【0088】ここでは、このような阻止帯域光反射特性を有する可変帯域阻止型光フィルタ6を用い、その前段に光サーキュレータ13を挿入し、可変帯域阻止型光フィルタ6の阻止帯域光を反射させてモニタ系に導き、反射光をモニタできるようにしている。

【0089】モニタ系では、反射光に含まれるデータの振幅、極性、反射光の光パワー、波長等を検出して、可変帯域阻止型光フィルタ6の阻止帯域の波長を安定化するために用いる。

【0090】反射光をモニタして可変帯域阻止型光フィルタ6の阻止帯域波長の安定化を図るにした構成例を図9を用いて説明する。図9(a)において、5-i (i=1, 2, 3, ...)は子局であり、この子局5-iには光サーキュレータ13、可変帯域阻止型光フィルタ6、光電変換器21、制御装置22が設けてある。

【0091】光サーキュレータ13は、反射光を分岐させるためのものであり、この光サーキュレータ13は可変帯域阻止型光フィルタ6の前段側光路中に挿入する。そして、櫛状波発生器4から可変帯域阻止型光フィルタ6に入射される櫛状波光のうち、当該可変帯域阻止型光フィルタ6で反射された光をこの光サーキュレータ13によって分離して光電変換器21に導き、この光電変換器21で電気信号に変換する。制御装置22は光電変換器21の出力を取り込み、その値や変動の仕方、可変帯域阻止型光フィルタ6の駆動信号との関連を調べて、可変帯域阻止型光フィルタ6を制御する。

【0092】[可変帯域阻止型光フィルタ6の制御] 以下に、可変帯域阻止型光フィルタ6の制御法の例をいくつか挙げる。制御には次の2つの段階がある。1つ目の段階は、『システム全体が立ち上がる時に、どのように

(9) 000-151517 (P2000-151517A)

して自局の変調するスペクトル線を探すか?』であり、2つ目の段階は、「自局が変調するスペクトル線の近辺に可変帯域阻止型光フィルタ19の阻止帯域波長がある時に、どのようにして最適なバイアス点に固定しておくか?」である。

#### ---制御法(1)---

【制御法(1)での1つ目の段階】1つ目の段階では、例えば次のような方法で制御する。図10を用いて説明する。櫛状波発生器4において櫛状波光11のスペクトル線の一つに、子局に用いられる可変帯域阻止型光フィルタ19と同様の変調器25を用いて、例えば、特定の周波数の正弦波による変調をかけて目印とする。

【0093】これを例えば、図10(b)のスペクトル線26とする。各々の子局は、自局が変調するスペクトル線を、スペクトル線26からプラス側の波長の何番目、マイナス側の波長の何番目のスペクトル線というようにあらかじめ決めておく。各子局5・1、5・2、…、5・iは、まず、自局の可変帯域阻止型光フィルタ19の阻止帯域の波長を振って、阻止帯域がスペクトル線26に重なり、光電変換器21がスペクトル線26の目印の変調信号を検出するようにする。

【0094】次に、阻止帯域の波長を自局に割り振られたスペクトル線の方に動かしていく。スペクトル線を一本通過する度に、光電変換器21には光が入射されるので、この光電変換器21からは光電変換出力を出すので、その出力の回数を数えることによって自局に割り振られたスペクトル線を識別できる。

【0095】自局に割り振られたスペクトル線に届いたならば、取り敢えず、何らかの信号でスペクトル線に変調をかける。それは、他の子局が同様な制御を行っているため、全く阻止されているスペクトル線が1本でもあると、誤ったスペクトル線にロックする可能性があるからである。このようにして、自局に割り振られたスペクトル線に到達したならば、2つ目の段階に移る。

#### ---制御法(2)---

【制御法(2)での1つ目の段階】1つ目の段階の他の方法を図11を用いて説明する。この方法は、各子局の可変帯域阻止型光フィルタ6の阻止帯域の無制御時の波長が目値に近く、また、可変範囲が狭い場合に適している。まず、上述の方法と同様に櫛状波発生器4は櫛状波光線11のスペクトルの一つ例えば、スペクトル線26に目印をつける。櫛状波発生器4に最も近い子局5・1はスペクトル線26を検出し、そこから定められた数だけ離れた(例えば隣りの)スペクトル線27・1にロックする。

【0096】子局5・1はスペクトル線27・1に対して、送信データとともに目印となる特定周波数の正弦波等による変調をかける。子局5・1の隣の子局5・2は自局の可変帯域阻止型光フィルタ6の阻止帯域を振って、子局6・1のスペクトル線27・1の目印を探す。

【0097】このとき、子局5・2の阻止帯域の端の方がスペクトル線27・1にかかり、目印が確認できたならば、隣のスペクトル線27・2に移動し、ロックする。他の子局も同様に、順番に隣のスペクトル線にロックしていく。

#### ---制御法(3)---

【制御法(1)、(2)のハイブリッド法】上述の2つの方法を混合した方法もある。これを述べる。まず、同様に櫛状波発生器4は櫛状波のスペクトルの一つ、例えば図10(b)のスペクトル線26に目印をつける。各子局が自局に割り振られたスペクトル線を見つける方法は条件によって2通りある。1つ目は、スペクトル線26を探して、そこから何番目という風に、自局に割り振られたスペクトル線を探すと言う方法である。

【0098】また、2つ目としては、スペクトル線26を見つける前に、他の子局が自局に割り振られたスペクトル線にロックしており、目印となる特定周波数の変調を行っているのを見つけたなら、そこから何番目という風に、自局に割り振られたスペクトル線を探すという方法である。

【0099】さらに別の方法としては、各子局は使用されていないスペクトル線に適当にロックする。それより後に使用するスペクトル線を探す子局は、どこかのスペクトル線を見つけたら、他の子局による変調がかかっていないことを確認してから、自局をロックする。

【0100】もし、他の子局による変調がかかっていたら、別のスペクトル線に移動して、同様に調べる。空いているスペクトル線が見つかるまで同様の操作を繰り返す。各子局はロックしたら、使用中であることを示すために何らかの変調をかける。

【0101】別の方法としては、櫛状波発生器において、システム内で使用されるすべてのスペクトル線にスペクトル線ごとに異なる目印、例えばそれぞれ異なる周波数による変調などを予め実施しておき、各子局はその目印を検出して自局が変調すべきスペクトル線を探すようにしても良い。

【0102】さらに、別の手法として、各子局は安定な光フィルタなどの光波長基準を有しており、光波長基準と、可変帯域阻止型光フィルタの反射光の波長が一致するように制御すると云った方法でもよい。

【0103】1つ目の段階としての以上の方法は、全くシステムが動いていない状態から、各子局が一斉に動き始めるシステム立ち上げ時の方法である。システムが稼働状態にあるときに新たに子局を立ち上げる時、また、そのような状況が起こりうるシステムでは、新たに加わる子局が、他の子局の信号を妨害しないようにする必要がある。例えば可変帯域阻止型光フィルタの阻止帯域の中心、すなわち、最も透過率の小さい部分の透過率を“0”にしない、すなわち、完全に阻止せずに、例えば、“0.1”～“0.2”程度になっているものを使

(電0)100-151517(P2000-151517A)

用する。

【0104】その結果、新しく加わる子局の可変帯域阻止型光フィルタ6が自局が変調すべきスペクトル線にロックするまでに、他の子局が変調しているスペクトル線を横切ったとしても、他の子局の信号は完全には消えない。

【0105】あるいは、子局を図12の如き構成にしてもよい。すなわち、図12において、6は可変帯域阻止型光フィルタ、13は光サーキュレータ、21は光電変換器、22は制御装置、28・1、～28・4は光スイッチ、29、30は光分岐結合器、31はバイパスファイバであり、可変帯域阻止型光フィルタ6の前段には光サーキュレータ13が設けてある。光サーキュレータ13からの光は光電変換器21に入力され、電気信号に変換されて制御装置22に入力される構成である。

【0106】制御装置22はこの電気信号の値や変動の仕方、可変帯域阻止型光フィルタ6の駆動信号との関連を調べて、データ信号対応に可変帯域阻止型光フィルタ6を制御する。

【0107】可変帯域阻止型光フィルタ6は、楕状波発生器4からの楕状波光線のうちの所要のスペクトル光に対してデータ信号対応の変調を加えて制御局側へと出力するものである。

【0108】光スイッチ28・2は楕状波発生器4からの楕状波光線をサーキュレータ13に入力するための経路切り替え用のスイッチであり、光スイッチ28・1は楕状波発生器4からの楕状波光線をバイパス経路であるバイパスファイバ31に入力するための経路切り替え用のスイッチであり、光スイッチ28・4は可変帯域阻止型光フィルタ6からの光を制御局8側へ出力するための経路切り替え用のスイッチであり、光スイッチ28・3はバイパスファイバ31からの光を制御局8側へ出力するための経路切り替え用のスイッチである。光分岐結合器29、30は、光路から光信号を光を適切な比率で2分岐、あるいは、合流させるものである。

【0109】このような構成の子局5・i(i=1, 2, 3～)は、楕状波発生器4よりの楕状波光は可変帯域阻止型光フィルタ6を通る経路か、この経路を迂回して通り抜ける経路のいずれかを選択できる。

【0110】すなわち、バイパスファイバ31と光分岐結合器29、30、さらに、光スイッチ28・1、28・2、28・3、28・4を備えて、これらにより、楕状波発生器4よりの楕状波光線は可変帯域阻止型光フィルタ6を通る経路か、この経路を迂回して通り抜ける経路のいずれかを選択できる構成となっている。

【0111】そして、子局5・iが未使用の状態では、光スイッチ28・1、28・3をオンに、光スイッチ28・2、28・4をオフにしておく。

【0112】子局5・iを立ち上げる時には、光スイッチ28・1、28・3に加えて、まず、28・2をオン

にし、可変帯域阻止型光フィルタ6に光を入力し、制御装置22によって可変帯域阻止型光フィルタ6の阻止帯域の波長を安定化する。阻止帯域の波長が定まったならば、光スイッチ28・4をオンにし、同時に光スイッチ28・3をオフにする。

【0113】このように制御することによって、他の子局に影響を与えず、新たな子局の立ち上げができる。

【0114】あるいは、システム立ち上げ時に、稼働、非稼働にかかわらずすべての子局の可変帯域阻止型光フィルタの阻止帯域を安定化し、使用されていない子局でも阻止帯域の波長制御は常に行うようにしても良い。

【第2段階】次に、2つ目の段階である、可変帯域阻止型光フィルタの阻止帯域を特定の光スペクトル線の適切な点に固定しておく方法を述べる。

【0115】送信信号がベースバンドデジタル信号の場合は、データの“1”と“0”の光パワーの比、すなわち消光比が大きいほど良好な伝送が可能となる。阻止帯域で反射され、光サーキュレータ13で取り出された反射光を光電変換器21により光電変換する。光電変換された反射光に乗っているデータは、送信する光信号に乗っているデータの極性が反転したものである。

【0116】従って、反射光のデータの極性を検出して、変調が正しい極性でかけられているかどうか判断できる。極性は、可変帯域阻止型光フィルタ6の阻止帯域の立ち下がりを使用するか、立ち上がりを使用するかで反転する。間違った極性であることが検出されたならば、可変帯域阻止型光フィルタ6の阻止帯域の立ち上がり、立ち下がりのどちらを使用するかが間違っているもので、正しい極性となるようにバイアス点を移動する。

【0117】次に、反射光に乗っているデータの“0”と“1”の差を検出し、それが最大になるように可変帯域阻止型光フィルタ6の阻止帯域の波長を制御する。最大となるバイアス点が検出できたならば、その時の“0”と“1”の差を記憶しておく。そこから、反射光の平均値パワーが大きくなるように、すなわち、可変帯域阻止型光フィルタ6で変調を受けた透過した光の“0”レベルが小さくなる方向にバイアスを動かしていく。

【0118】バイアスを動かしていくと、反射光の“0”と“1”のレベル差が徐々に小さくなって行くが、ある点からはデータの一部分が阻止帯域の谷を超えるため、反射光の“0”と“1”のレベル差が著しく小さくなる。“0”と“1”のレベル差が著しく小さくなる点が発出されたら、著しく小さくなる前の点まで引き返し、そこを最適点とする。

【0119】この時の反射光の平均パワーと、“0”と“1”のレベル差および、反射光の平均パワーと“0”と“1”のレベル差の比を記憶しておく。その後の制御は、反射光の消光比が記憶した値と等しくなるよう制御する。

(図1) 00-151517 (P2000-151517A)

【0120】このようにすると、櫛状波発生器4から送られてくる櫛状波光線のパワーが少々変動しても対応できる。ただし、何かの不具合により、バイアス点が著しくずれて、阻止帯域と変調スペクトルが重ならない状態でも、最適点と同じ比が検出されてしまう可能性があるため、平均パワーおよび“0”と“1”のレベル差の絶対値も記憶しておき、検出された絶対値が記憶された値と著しく違わないことを随時確認すると良い。

【0121】以上の形態では、可変帯域阻止型光フィルタ6の反射光を取り出すために、光サーキュレータ13を使用した。しかし、パワーバジェットに余裕のある系では光サーキュレータ13の代わりに、図9(b)のように方向性結合器(カップラ)23を使用するようにしても良い。逆方向の信号を取り出すためのコンポーネントとしては光サーキュレータ13の方が性能が良いが、カップラ23の方が低価格で済む。

【0122】理想的な光サーキュレータでは、順方向に進行する光に損失を与えず、逆方向に進行する光信号をほぼ全部メインの光ファイバから分離することができる。しかし、カップラは原理的に、順方向に進行する光にも分岐損失を与えてしまう。また、逆方向に進行する光をほぼ全部分離することができず、大部分は、カップラを過ぎて、隣の子局、ひいては、櫛状波発生器4まで戻ってしまう。隣の子局でも同様に可変帯域阻止型光フィルタ6の反射光を用いて阻止帯域の波長制御を行っているため、別の子局から逆流してきた信号が混入していると、適切な制御ができない。

【0123】これを防ぐために、図13(a)に示す構成のように、カップラ23の前に、逆流してきた光信号を阻止するためのアイソレータ33を入れておくことが良い。また、前述のサーキュレータ13を用いた形態でも、サーキュレータ13のアイソレーション能力が十分でない場合は、図13(b)のように、サーキュレータ13の前にアイソレータ33を入れると良い。

【0124】また、リング共振器型光フィルタ、ファブリ・ペロー型光フィルタといった、周期性の阻止、透過型光フィルタも特性次第では利用可能である。例えば、阻止帯域、透過帯域の周期が十分大きく、隣の阻止帯域あるいは透過帯域が、使用する櫛状波の波長の外にあり、さらに、使用する阻止帯域、透過帯域がデータの速度で変調できるならば使用できる。

【0125】リング共振器型光フィルタは、周期阻止型であるので、ブラッグ・グレーティング型の場合と同様に用いることができる。

【0126】一方、ファブリ・ペロー型光フィルタは周期透過型であるが、実装の工夫で阻止帯域の光を入力ポートに戻す構成とすることができ、反射光を出力光とすれば、周期阻止型の光フィルタとして作用させることが可能である。

【0127】従って、この場合、図14に示す構成のよ

うに、バスファイバ(光ファイバ)1に光サーキュレータ36を挿入し、光サーキュレータのポート37-1に可変ファブリ・ペロー型光フィルタ34を接続して用いれば良い。

【0128】この構成の場合、櫛状波発生器4から伝搬してきた櫛状波光線は光サーキュレータ36によって、ポート37-1から可変ファブリ・ペロー型光フィルタ34に入力する。特定のスペクトル線は可変ファブリ・ペロー型光フィルタ34により変調を受けて反射され、他のスペクトル線はほぼ全反射されて、ポート37-1に戻ってくる。

【0129】戻ってきた信号は光サーキュレータ36によってポート37-3に出力され、次の子局に送られる。ファブリ・ペロー型光フィルタの場合は、透過光にのっているデータが、変調光の極性の反転したものとなっている。

【0130】これを利用して、ブラッグ・グレーティング型光フィルタの場合と同様に、光フィルタの波長制御を行うことができる。

【0131】本発明では、櫛状波発生器から送信されてくる櫛状波の光スペクトル線の1つを適切に変調するように、可変帯域阻止型光フィルタの阻止帯域の波長を制御する必要があり、そのために本実施形態では、可変帯域阻止型光フィルタとして、阻止帯域の光を反射し、入力ポートに戻す型のものを使用すると共に、可変帯域阻止型光フィルタの入力ポート側に挿入した光サーキュレータによって、可変帯域阻止型光フィルタで反射してきた光を分離し、モニタ系に渡してモニタして、可変帯域阻止型光フィルタを制御するようにした。

【0132】光サーキュレータは、反対方向に進行する光を分離するに際し、分岐損失が発生しない。すなわち、順方向に進む光にほぼ影響を与えず、逆方向に進む光をほぼ全部分離することができる。

【0133】そして、可変帯域阻止型光フィルタの反射光を光サーキュレータで分離することにより、可変帯域阻止型光フィルタの阻止帯域で阻止された光を得ることができる。第1の実施形態のように、可変帯域阻止型光フィルタの阻止帯域の波長をデータ信号で変調して、櫛状波の特定の光スペクトル線にデータ変調を施す場合は、反射光には阻止された光、すなわちデータの極性が、可変帯域阻止型光フィルタで変調された光とは逆になっている光が出力される。可変帯域阻止型光フィルタでは、変調を施すスペクトル線以外は透過するので、反射光に含まれるのはその可変帯域阻止型光フィルタで変調を受けたスペクトル線のみである。

【0134】従って、光サーキュレータで取り出された反射光の波長、パワーや変調のかかり方(データ振幅の大きさや変調波形、データの極性)などをモニタすることによって、可変帯域阻止型光フィルタの阻止帯域が適切な波長にあるかどうか判断できるので、モニタしな

(図2) 100-151517 (P2000-151517A)

がら反射光が適切な状態になるように制御することにより、可変帯域阻止型光フィルタの阻止帯域波長の平均値を適切な波長に固定できるようなる。

【0135】この結果、可変帯域阻止型光フィルタの阻止帯域波長安定化のために、波長をモニタするための分岐損がなく、変調をかけているスペクトル線のみを容易に取り出してモニタでき、反射光が適切な状態になるように制御することで、可変帯域阻止型光フィルタの阻止帯域波長の平均値を適切な波長に固定できるようなる。従って、楕状波発生器4から送信されてくる楕状波の光スペクトル線の1つを適切に変調できるようなる光通信システムが提供できる。

(第3の実施形態) 次に、可変帯域阻止型光フィルタの阻止帯域波長安定化のために、波長をモニタするための分岐損がなく、変調をかけているスペクトル線を容易に取り出してモニタできるようにする別の例を第3の実施形態として説明する。

【0136】図16に示す如きの方向性結合器40の途中にグレーティング39を刻んだ構造のものは、図17のように、阻止帯域の光を別ポートに出力する可変帯域阻止型光フィルタ15として利用できる。

【0137】このような構造では、サーキュレータやカップラ無しで、阻止帯域の光を取り出すことができる。取り出した阻止帯域の光を利用して、図18のように、可変帯域阻止型光フィルタ15の波長安定化を行うことができる。手順は阻止帯域の光を反射するタイプのものと同様である。

【0138】このようなデバイスを用いることによって、コンポーネントの数を減らすことができ、低コスト化につながり、さらに、過剰損失が減ってより良好な伝送が可能となる。

【0139】以上、本発明の種々の実施形態を説明したが、本発明は上述の実施形態に限定されるものではなく、種々変形して実施可能である。

【0140】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、バス型の光ファイバネットワークで、光源としてバスファイバの端部に設けた楕状波発生器を用いる。光源が一カ所で管理でき、楕状波を用いるため、ビート雑音が発生する心配がない。また、子局に半導体レーザなどの光源がないため、半導体レーザの動作不安定の問題がない。さらに、子局に使用する変調器が帯域阻止型の可変光フィルタであるため、波長合分波器を用いたAdd/Drop等の複雑な構成が必要なく、システムが簡素化できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を説明するための図であって、本発明の第1の実施形態を示すブロック図である。

【図2】本発明を説明するための図であって、本発明システムに用いられる楕状波発生器の発生する楕状波光線

について説明するためのスペクトル図である。

【図3】本発明を説明するための図であって、本発明システムに用いられる可変帯域阻止型光フィルタ6の波長透過特性例を説明するための図である。

【図4】本発明を説明するための図であって、本発明システムに用いられる可変帯域阻止型光フィルタにおいて、楕状波光線の所望スペクトル線に対する送信データによる変調の原理を説明するための図である。

【図5】本発明を説明するための図であって、本発明システムに用いられる楕状波発生器としてレーザアレイをフォトニックIC(光集積回路)状に構成したものを使用した実施形態例を示す図である。

【図6】本発明を説明するための図であって、本発明システムに用いられる楕状波発生器として温度安定化したファブリ・ペロー型半導体レーザ(FP-LD)を使用した実施形態例を示す図である。

【図7】本発明を説明するための図であって、FP-LDを用いた楕状波発生器4の要部構成例を示す図である。

【図8】本発明を説明するための図であって、本発明システムで用いる可変帯域阻止型光フィルタの構成例を示す図である。

【図9】本発明を説明するための図であって、反射光をモニタして可変帯域阻止型光フィルタの阻止帯域波長の安定化を図るようにした子局構成例を示す図である。

【図10】本発明を説明するための図であって、本発明システムで用いる動可変帯域阻止型光フィルタの制御法を説明するための図である。

【図11】本発明を説明するための図であって、本発明システムで用いる動可変帯域阻止型光フィルタの制御法を説明するための図である。

【図12】本発明を説明するための図であって、本発明システムで用いる動可変帯域阻止型光フィルタの制御法を説明するための図である。

【図13】本発明を説明するための図であって、本発明システムで用いる別の子局構成例を示す図である。

【図14】本発明を説明するための図であって、ファブリ・ペロー型光フィルタを周期阻止型の光フィルタとして作用させる場合の例を示す図である。

【図15】本発明を説明するための図であって、光サーキュレータ13の例を説明するための図である。

【図16】本発明を説明するための図であって、可変帯域阻止型光フィルタの阻止帯域波長安定化のために、波長をモニタする子局構成例を説明するための図である。

【図17】本発明を説明するための図であって、可変帯域阻止型光フィルタの別の例を説明するための図である。

【図18】本発明を説明するための図であって、本発明の第3の実施形態における子局構成例を説明するための図である。

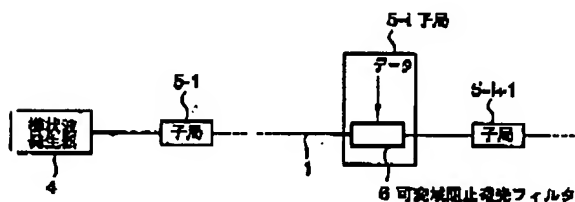
(包3) 00-151517 (P2000-151517A)

【図19】本発明を説明するための図であって、本発明システムに用いられる櫛状波発生器の発生する櫛状波光線について説明するためのスペクトル図である。

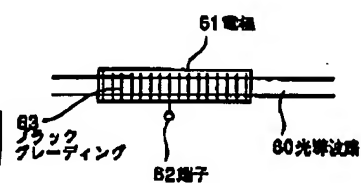
【符号の説明】

- |                         |                          |
|-------------------------|--------------------------|
| 1…光ファイバ                 | 31…バイパスファイバ              |
| 2, 5, 20, 32, 35, 42…子局 | 33…アイソレータ                |
| 3…制御局                   | 34…ファブリ・ペロー型可変帯域阻止型光フィルタ |
| 4…櫛状波発生器                | 37…ポート                   |
| 6, 15…可変帯域阻止型光フィルタ      | 38, 44, 46…光導波路          |
| 7…光スペクトル線               | 39…グレーティング               |
| 8…制御局                   | 40…方向性結合器                |
| 9…透過帯域                  | 41…電極                    |
| 10…阻止帯域                 | 43…レーザダイオード              |
| 11, 26, 27…光スペクトル線      | 45…光導波路合流部               |
| 12…可変帯域阻止型光フィルタの透過特性    | 47…基板                    |
| 13, 36…光サーキュレータ         | 48…ファブリ・ペロー型半導体レーザ       |
| 14, 18…ポート              | 49…温度制御装置                |
| 16…入力ポート                | 50, 57…光アイソレータ           |
| 17…出力ポート                | 51…櫛状波発生器                |
| 21…光電変換器                | 52…光ネットワーク               |
| 22…制御装置                 | 53…光ファイバ                 |
| 23…カップラ                 | 54…光モジュール                |
| 24…櫛状波発生部               | 55…ペルチェ素子                |
| 25…変調器                  | 56…ファブリ・ペロー型半導体レーザチップ    |
| 28…光スイッチ                | 58…レンズ                   |
| 29, 30…光分岐結合器           | 59…サームスタ                 |
|                         | 60…光導波路                  |
|                         | 61…電極                    |
|                         | 62…端子                    |
|                         | 63…ブラッグ・グレーティング          |

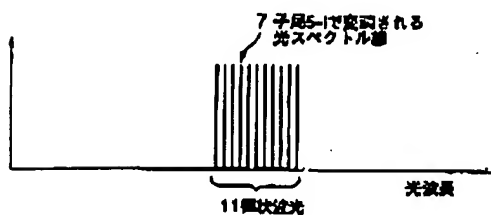
【図1】



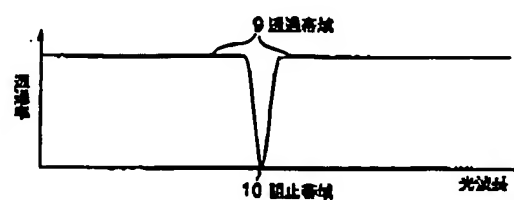
【図8】



【図2】



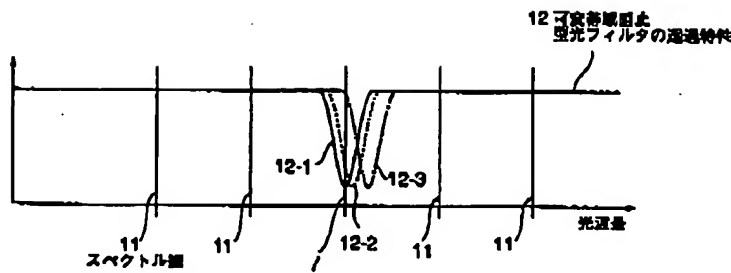
【図3】



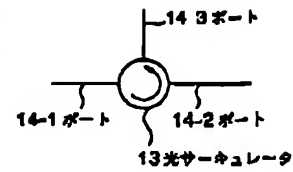


(包4) 00-151517 (P2000-151517A)

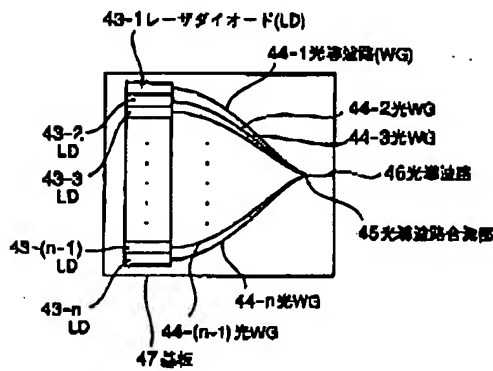
【図4】



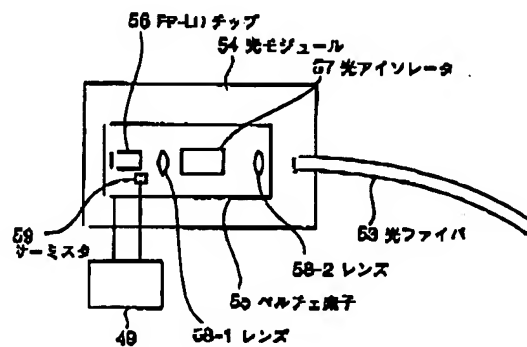
【図15】



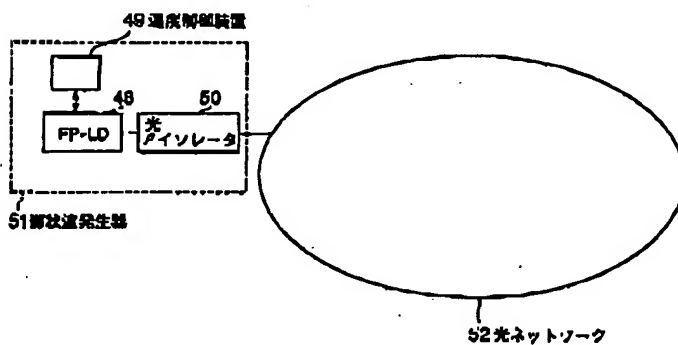
【図5】



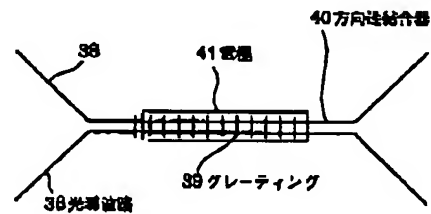
【図7】



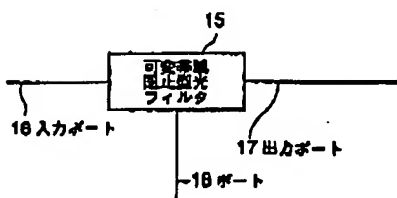
【図6】



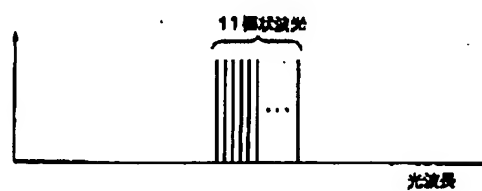
【図16】



【図17】

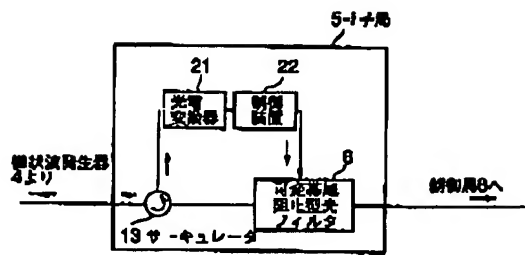


【図19】

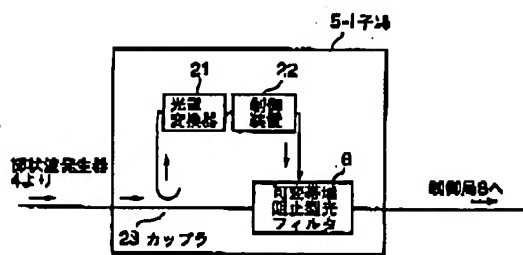


(包5)00-151517(P2000-151517A)

【図9】

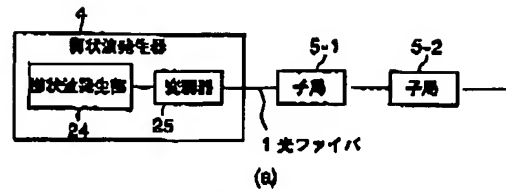


(a)

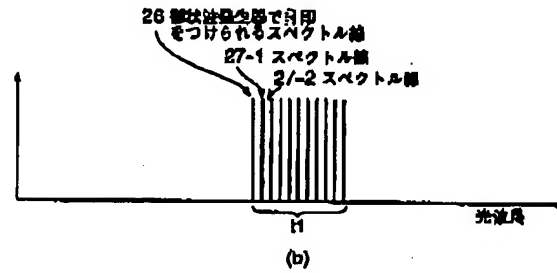


(b)

【図11】

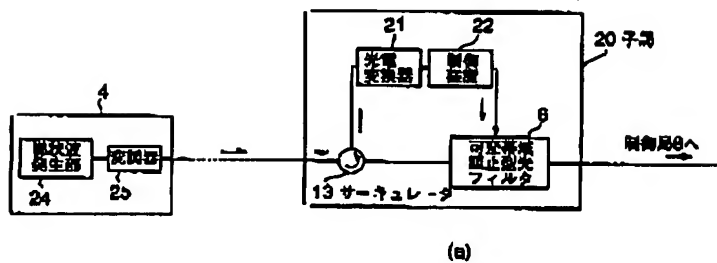


(a)

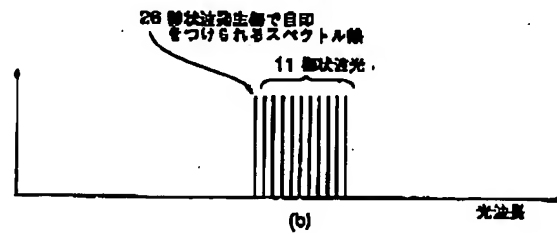


(b)

【図10】



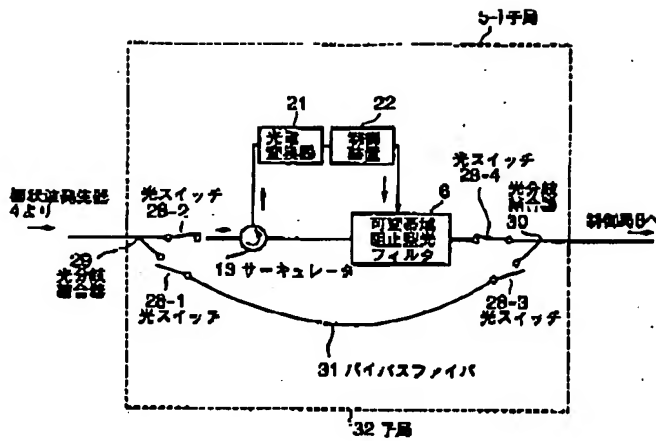
(a)



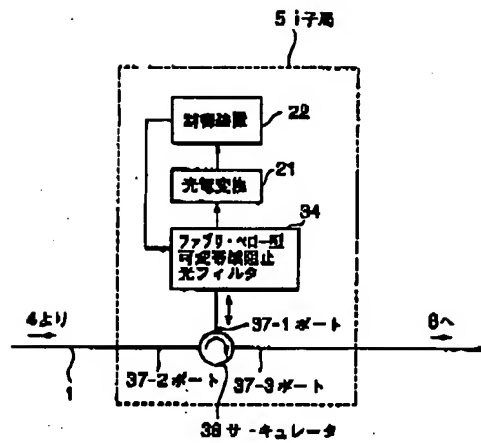
(b)

(26) 00-151517 (P2000-151517A)

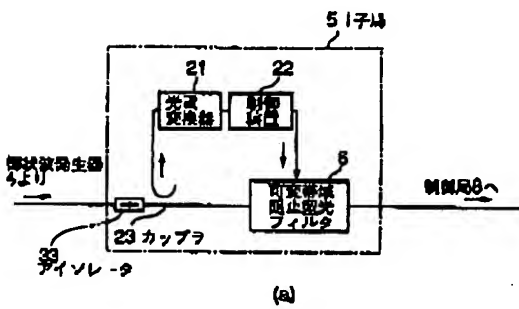
【図12】



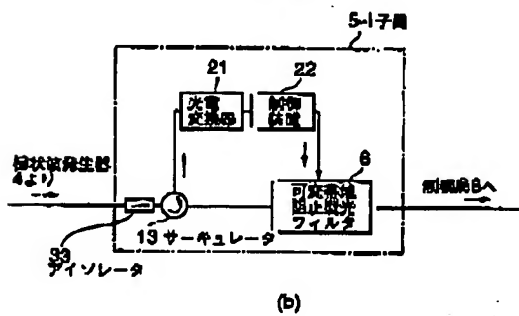
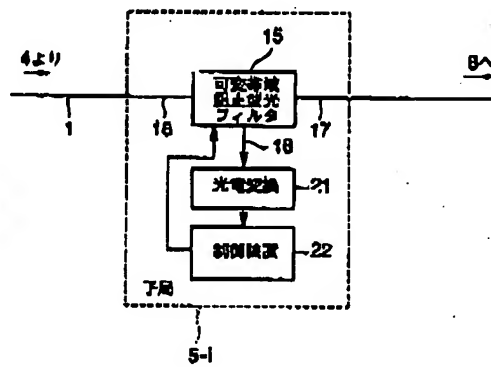
【図14】



【図13】



【図18】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

識別記号

F I

(参考)

H 0 4 B 10/20

10/20

// H 0 4 L 12/40

(17)00-151517 (P2000-151517A)

Fターム(参考) 5F073 AB06 AB25 AB28 AB30 BA01  
EA12 EA15 FA25 GA23 GA24  
5K002 BA05 BA13 BA32 CA14 DA02  
DA09 FA01  
5K032 CA19 DA18 DB07